



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Diana Elisa Tammiste

**TALLAMISEST TULENEVA KOORMUSE MÕÕTMISE
METOODIKA VÄLJATÖÖTAMINE JA RAKENDAMINE
SOOKOOSLUSTES KULLISOO NÄITEL**

ELABORATING THE METHODS TO MEASURE THE
RESPONSE OF MIRE HABITATS TO DIFFERENT
TRAMPLING LOADS

Bakalaureusetöö

Keskkonnakaitse õppekava

Juhendajad: Marika Kose, *MSc*

Tiiu Kull, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Diana Elisa Tammiste		Õppekava: Keskkonnakaitse	
Pealkiri: Tallamisest tuleneva koormuse mõõtmise metoodika väljatöötamine ja rakendamine sookooslustes kullisoo näitel			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 9	Tabeleid: 0	Lisasid: 4
Õppetool:		Keskkonnakaitse ja maastikukorralduse õppetool	
Uurimisvaldkond:		taimeökoloogia (B270)	
Juhendaja(d):		MSc Marika Kose, PhD Tiit Kull	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu, 2018	
<p>Tallamisest tuleneva ökoloogilise koormustaluvuse uurimiseks on välja töötatud erinevaid metoodikaid ja läbi viidud palju uurimusi, ent antud uurimistöö koostamise hetkel polnud võimalik leida ühtegi teaduslikku uurimust, mis kajastaks räätsaturismi mõju.</p> <p>Käesoleva uurimistöö põhieesmärk on jalgsi ja räätsadega tallamise koormusest tuleneva mõju uurimiseks sobiva metoodika väljatöötamine sookooslustes. Töö teoreetilises osas tutvustatakse erinevaid tallamiskoormusest tulenevate mõjude uurimiseks kasutatuid metoodikaid, mida sookooslustes läbiviidava katse tarbeks vajadusel täiendatakse ning kaasajastatakse. Lisaks kirjeldatakse pinnase profiili mõõtmiseks välja töötatud sookooslustes rakendatavat metoodikat.</p> <p>Töö tulemustest selgus, et tallamiskoormusest tuleneva mõju uurimiseks sookoosluste tarbeks planeeritud katse disain andis käesolevas uurimistöös kajastatud kujul läbiviijate hinnangul soovitud tulemuse. Planeeritud transektide ning prooviruutude suurus oli tallamiskoormusest tuleneva mõju hindamiseks sobiv. Samuti täitsid geobotaanilise analüüsi ning profiili mõõtmise jaoks rakendatud metoodikad oma eesmärgi.</p> <p>Tuginedes antud uurimistöö tulemustele, võib öelda, et kajastatud metoodikat kasutades on tallamiskatse läbiviimine sookooslustes võimalik.</p>			
Märksõnad: ökoloogiline koormustaluvus, tallamiskoormus, tallamiskatse, loodusturism, sookooslused			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Diana Elisa Tammiste		Specialty: Environmental Protection	
Title: Elaborating the methods to measure the response of mire habitats to different trampling loads			
Pages: 41	Figures: 9	Tables: 0	Appendixes: 4
Chair:	Chair of Environmental Protection and Landscape Management		
Field of research:	plant ecology (B270)		
Supervisors:	MSc Marika Kose, PhD Tiit Kull		
Place and date:	Tartu, 2018		
<p>Different methodologies have been elaborated and many studies have been carried out to measure the carrying capacity of mire habitats under different trampling loads, however, at the time of this study, there was no documented scientific research that would reflect the impact of bog-shoe tourism.</p> <p>The main objective of this research was to elaborate a methodology suitable for measuring the impact of trampling caused by foot and with bog-shoes in mire habitats. The theoretical part of the study presents the methodologies that are already used to study the effects of trampling, which, if necessary, are supplemented and updated. In addition, the methodology used to measure the profile of the mire habitats ground cover is described.</p> <p>The results show that the described design of trampling experiment elaborated for measuring the impact of trampling in mire habitats gave the performers the desired result. The size of the planned transects and measurements of the subplots was appropriate for assessing the impact of trampling. Methodologies used for the the geo-botanical analysis and to measure the profile also fulfilled its purpose.</p> <p>Based on the results of present research we can say that using the described methodology it is possible to carry out an experimental trampling study in mire habitats.</p>			
Keywords: ecological carrying capacity, trampling intensity, trampling experiment, nature tourism, mire habitats			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. TEOREETILINE ÜLEVAADE	7
1.1 Koormustaluvus.....	7
1.2 Ülevaade rekreatsiooni mõju uuringutest	8
1.2.1 Ülevaade rekreatsiooni mõju uuringutest sookooslustes.....	10
2. MATERJAL JA METOODIKA	12
2.1 Käesolevas töös tutvustatud metoodika väljatöötamise vajadusest	12
2.2 Uuringu läbiviimisele eelnenud toimingud.....	13
2.3 Tallamiskatse planeerimine ja läbiviimine	14
2.4 Tallamisest tuleneva mõju mõõtmine.....	19
2.4.1 Geobotaaniline analüüs	20
2.4.2 Raja profiili mõõtmine	21
2.4.3 Raja laiuse mõõtmine	24
3. TULEMUSED JA ARUTELU	25
3.1 Katse korraldus.....	25
3.2 Katse ülesehituse sobivus	26
3.3 Kasutatud metoodikate asjakohasus	27
KOKKUVÕTE	32
KASUTATUD KIRJANDUS	33
LISAD	36
Lisa 1. Lühiülevaade räätsamatku korraldavatest teenusepakkujatest ning sihtkohtadest	37
Lisa 1. järg.....	38
Lisa 2. Katseala tähistavad infotahvlid	39
Lisa 3. Skeem transektide paiknemise kohta Kullisoos.....	40
Lisa 4. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	41

SISSEJUHATUS

Maailma Turismiorganisatsiooni (WTO) sõnul on turism maailmas üks juhtivamaid majandusharusid ning ekspordisektoreid, mille maht ja käive on viimaste aastatega kiiresti kasvanud (2017 International Tourism). Keskkonnateadlikkuse tõusu ning rekreatsiooni väärtustamise kasvuga on oluliselt suurenenud ka loodusturismi osakaal.

Eesti Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) puhke- ja kaitsealasid ning matkateid külastati 2016. aastal 2,3 miljonit korda (RMK aastaraamat 2016: 40). Riigitulundusasutuse aastaraamatutes kajastub iga-aastane külastuskordade tõus - vähemalt 100 000 külastuse võrra iga viimase aastaga (*Ibid.*).

Lisaks mitmetele muudele atraktiivsetele loodusturismi sihtkohtadele pakuvad külastajatele üha enam huvi eriilmelised ja omapärased sood. Soode olulisus Eesti loodusturismis ja rekreatsioonis on suur ja kasvab (RMK aastaraamat 2016). Eesti soodel on suur rekreatiivne väärtus ning paljud inimesed külastavad soid puhke-eesmärgil. Paljudesse rabadesse, siirde- ja madalsoodesse korraldatakse Eesti turismiettevõtete eestvedamisel erinevaid matku, soode läbimiseks oli 2012. aasta seisuga rajatud enam kui 50 km laudteid (Paal, Leibak 2012: 54). Ehkki RMK teeb oma puhke- ja kaitsealadel iga-aastast külastuskordade seiret, ei ole teada, kui palju Eesti sookooslusi tegelikult külastatakse. Võib eeldada, et ka radade väline liikumine soodes on samuti populaarne tegevus.

Lisaks matka- ja õpperadadele, on viimasel sajandil Eestis soode külastamisel hakatud üha enam kasutama räätsasid ehk jalanõude külge kinnitatavad vahendid, mis hõlbustavad pehmel pinnal liikumist. Räätsamatku peetakse hetkel üheks Eesti loodusturismi populaarseimaks teenuseks. Eesti ametliku turismiinfo internetilehekülje Puhka Eestis andmetel korraldab uurimistöö kirjutamise hetkel räätsamatku Eesti sookooslustesse 16 erinevat ettevõtet (Puhka Eestis).

Tallamisest tuleneva koormuse uurimiseks mineraalmaakooslustes on välja töötatud mitmeid erinevaid meetodikaid ja läbi viidud palju uurimusi. Sookooslustes turbapinnasel tallamise koormuse mõju uurimiseks on Eestis juurutatud meetodika Viktor Masingu ja Elle Roosalu poolt (1988). Küll aga pole 2018. aasta seisuga võimalik leida ühtegi teaduslikku uurimust, mis kajastaks räätsaturismi mõju. Samuti leiame, et sookooslustes pole tallamise mõju pinnase profiilile ning tallamisjärgset taimkatte taastumist piisavalt uuritud.

Antud uurimistöö põhieesmärk on jalgsi ja räätsadega tallamise koormusest tuleneva mõju uurimiseks sobiva metoodika väljatöötamine sookooslustes. Käesoleva töö ülesanneteks oli tallamiskatse planeerimine ja rakendamine, seejuures Elle Roosluste poolt välja töötatud tallamiskatse metoodika katsetamine, kaasajastamine ja täiendamine (et oleks võimalik lisaks jalgsi liikumise mõjule uurida ka räätsadega liikumisest tulenevat mõju). Eraldi ülesandes oli ka leida teostuselt ja täpsuselt mõistlik viis tallamisjälje sügavuse mõõtmiseks raba pinnase tingimustes.

Eelnevast tulenevalt oli antud töö uurimisküsimusteks:

- Kuidas planeerida ning teostada tallamiskatset soopinnasel?
- Milliseid mõõtmismeetodeid tallamisest tuleneva mõju uurimiseks kasutada?
- Kuidas hinnata mõõtmisviiside rakendatavust, mõõtmistulemuste täpsust ning selgitada välja kitsaskohad mõõtmisviiside rakendamisel?

Tallamiskatse ülesseadmise pikemaajalisem eesmärk on uurida tallamisjärgset rabakoosluste taastumist erineva tallamisviisi ning tallamiskoormuse puhul ning töötada välja kergesti rakendatav metoodika rabapinnasele tallamisel tekkinud kahjustuste hindamiseks. Eelpool väljatoodud eesmärgid on olulised, et tallamiskoormuse seisukohalt oleks võimalik anda soovitusi räätsaturismi reguleerimiseks. Käesolev töö tegeleb ainult rabas liikumisega kaasnevate otseste mõjude uurimisega pinnasele ja taimestikule tallamispiirkonnas, mõjusid loomastikule (häirimine vms) ei uurita.

Käesoleva töö autor on osalenud antud katse idee algatamisel, metoodika väljatöötamisel, planeerimisel ning rakendamisel esimesest etapist alates; iseseisvalt maha märkinud katsealal paiknevad transektid; viinud oma juhendaja doktorant Marika Kosega läbi tallamiskoormuse rakendamisele eelnenud ning järgnenud geobotaanilise analüüsi ja pinnase profiili mõõtmise; teinud prooviruutudest digitaalsed fotod; viinud tuttavate ning perekonna abil läbi tallamiskoormuse rakendamise.

Autor soovib tänada oma juhendajaid Marika Kose ja Tiiu Kulli igakülgse uurimisega seonduva abi eest, Elle Rooslustet, Jaan Liirat ning Marko Kohvi katse planeerimise ning rakendamisega seotud koostöö eest, geobotaanilise analüüsi teostamisel abiks olnud Kai Vellakut, Mare Leisi ja Ülle Püttseppa, tallamiskatses osalenud isikuid ning profiilikammi välja töötamise ja selle komplekteerimisega abiks olnud Kaupo Kiilaspääd.

1. TEOREETILINE ÜLEVAADE

1.1 Koormustaluvus

Koormustaluvust (carrying capacity) võib mõista kui loodusliku keskkonna piirväärtust, mida ületades hakkab keskkonna taastumisvõime vähenema ja looduslikud ressursid hävinema (Wang 2010 ref Tuvikene 2015: 6).

Cole on defineerinud **koormustaluvust** kui kaitsealadele ettekirjutuste tegemist – millisel rekreatiivsed võimalused tuleb alal tagada, millised tingimused tuleb säilitada ja kuidas tuleb korraldada rekreatiivne kasutus (2004a ref Hurt *et al.* 2009: 7).

Koormustaluvusi eristatakse järgnevalt:

- **füüsiline koormustaluvus** (physical carrying capacity) – piirmäär, mille ületamisel hakkavad ilmnema keskkonnaprobleemid;
- **psühholoogiline koormustaluvus** (psychological carrying capacity) – külaliste rahulolu piirmäär, mille ületamisel turistid hakkavad alternatiivseid sihtkohti otsima;
- **sotsiaalne koormustaluvus** (social carrying capacity) – kohaliku kogukonna taluvuspiir, mida nad on võimelised taluma, enne kui piirkonda külastavad turistid neid häirima hakkavad;
- **majanduslik koormustaluvus** (economic carrying capacity) – taluvusvõime vastu võtta turismiga seotud tegevusi, ilma et see hakkaks häirima või välja tõrjuma kohalikku majandustegevust. (Hunter 1995 ref Rajan *et al.* 2013: 68);
- **rekreatiivne koormustaluvus** (recreational carrying capacity) - kasutuskooormuse niisugune tase, mida ala suudab taluda, seejuures säilitades ka stabiilne puhkevõimaluse kvaliteet (Wagar 1964: 3).

Lisaks eelnevale jaotusele on keskkonnaprobleemide ilmnemisega seoses eraldi defineeritud ka **ökoloogiline koormustaluvus** (ecological carrying capacity) - maksimaalne keskkonna rekreatsioonilise kasutamise määr, mille ületamine põhjustab ökoloogiliste väärtuste vastuvõetamatu taseme või selle pöördumatu vähenemise (Jenkins, Pigram 2006: 126).

Antud uurimistöös keskendutakse enim ökoloogilise koormustaluvusega kaasnevatele mõjudele.

1.2 Ülevaade rekreatsiooni mõju uuringutest

Uurijaid on huvitanud rekreatsiooni mõju looduskeskkonnale ligikaudu sajand. Antropogeense ehk inimtekkelise tallamise mõju taimkattele ja pinnasele uuriti esmakordselt 1920. aastatel Californias (Meinecke, 1928). Esimene põhjalikum rekreatsiooni ja ökoloogilise koormustaluvuse seoseid uuriv katse viidi läbi 1960. aastatel Michigani osariigis Ameerika Ühendriikides Brightoni rekreatsioonialal, kus pinnaseks on liustikulise päritoluga liivad ja uhtorud (Wagar 1964: 17).

Seoses looduskeskkonnas läbiviidava rekreatsiooni jätkusuutliku arendamisega on enim uuritud just tallamise mõju taimkattele erinevates kooslustes ja maailmajagudes (Pescott, Stewart 2014: 2).

On leitud, et rekreatsiooniga kaasnev inimõju põhjustab looduslikes ökosüsteemides erinevaid häiringuid nagu näiteks: muutusi taimede katvuses, nende liigilises koosseisus ja mitmekesisuses. Samuti on täheldatud muutusi taimkatte kõrguses ja suurenenud riski invasiivsete võõrliikide ning umbrohtude levikuks. (Scott, Kirkpatrick 1994; Cole 2004b; Pickering, Growcock 2009; Crisfield *et al.* 2012; Barros *et al.* 2013).

Tallamine, kui kõige sagedamini esinev rekreatsiooniga kaasnev inimõju kahjustab taimi ning võib põhjustada nende hävimise, samuti võib sellega kaasneda pinnase kihtide segipaiskumine, millel on omakorda mõjud tallatud pinnasel kasvavale taimestikule (Liddle 1997 ref Cole 2004c: 2-3). On öeldud, et kui tallamiskoormusest tulenev negatiivne mõju ning stress ületab tallava ala ökoloogilise koormustaluvuse, võib sellega kaasneda ka pöördumatu pinnase ning mulla degradeerumine ehk väärtuse kahanemine või omaduse halvenemine (Ólafsdóttir, Runnström 2015: 6).

Selleks, et uurida tallamise mõju ja taimkatte muutuste vahelisi seoseid, on rakendatud palju erinevaid metodoloogiaid, nagu näiteks: kirjeldavad uurimused, asukohapõhised võrdlused, eksperimentaalsed katsed (Pescott, Stewart 2014: 2). Kasutatud on ka BACI (*before-after control-impact*) meetodit, milles jälgitakse samaaegselt katsele eelnenud ja järgnenud tulemusi kahel erineval katseväljakul, milledest üks on kontrollväljak (Smith *et al.* 1993: 628). Tallamiskoormusest tuleneva mõju välja selgitamiseks on uuritud juba tallatud aladel

avalduvat mõju, samuti on läbi viidud eksperimentaalseid tallamiskatseid eelnevalt kahjustamata aladel (Ólafsdóttir, Runnström 2015: 3).

Üheks oluliseks eksperimentaalse tallamiskatse läbiviimise kirjelduseks peetakse David N. Cole'i ja Neil G. Bayfield'i poolt 1993. aastal koostatud juhendit „Recreational trampling of vegetation: Standard experimental procedures“ (Pescott, Stewart 2014: 2). Tallamiskoormuse rakendamisest tuleneva mõju uurimiseks hinnatakse antud juhendi kohaselt protsentuaalselt taimede katvust, taimkatteta pinnase osakaalu ning taimkatte kõrgust (*Ibid.* 211).

Cole ja Bayfield on antud juhendis välja toonud, et peamiseks tallamiskatsetega kaasnevaks probleemiks on ühtsete standardite puudumine tallamiskoormuse, jälgitava taastumisaja pikkuse ja mõõdetavate indikaatorite osas (1993: 209). Ühtse ülesehituse puudumine teeb aga erinevates kooslustes läbiviidud katsete ning uuringute tulemuste võrdlemise keeruliseks.

Siiski peetakse eksperimentaalset tallamiskatset üheks efektiivseimaks viisiks, kuidas lühiaegselt tallamiskoormusest tingitud mõjusid taimkattele uurida ja välja selgitada (*Ibid.*). Eksperimentaalse meetodi eelis on kontrollitud oludes kindlate koormuste juures ning teadaolevate keskkonnateguritega arvestades erinevaid mõjusid, nende tekkepõhjuseid ja tagajärgi uurida ning mõista (Cole, 2004b: 10).

Antud juhendis peeti eelnevalt koostatud tallamiskatsete puuduseks ka peamiselt vaid esmaste kahjustuste uurimine, seejuures suurt tähelepanu pööramata tallamisest taastumisele (Cole, Bayfield 1993: 209). Küll aga on käesoleva uurimuse läbiviimise seisuga leida mitmeid uuemaid teaduslikke artikleid, mis käsitlevad lisaks tallamiskatse koheste mõjude väljaselgitamisele ka uuritava taimestiku edasisist taastumist. Taastumist jälgivate uuringute kestus varieerub ning taastumisel jälgitakse vastavalt uuritavatele kooslustele erinevaid muutujaid.

Näiteks Šotimaal Cairngorm'i mäestikus kanarbikunõmmel läbiviidud katses jälgiti taastumist kaheksa aasta vältel. Leiti, et tallamiskoormuse suurenemine on otseses seoses tallamisest tulenevate kahjustustega, kuid mõned kahjustused ilmnesisid alles mõne aja möödudes, samuti esines taimede märkimisväärset hävinemist alles järgneval talvel või isegi peale seda. Peamiselt jälgiti muutusi taimede katvuses ning liigilises koosseisus. (Bayfield 1979)

1.2.1 Ülevaade rekreatsiooni mõju uuringutest sookooslustes

Tallamiskoormusest tulenevat mõju on erinevates kooslustes uuritud 1960. aastatest alates üha enam, kuid esimene taoline uurimus tehti sookooslustes esmakordselt 1970. aastatel, pöörates sellega tähelepanu turismi mõjule õrnadel pindadel ning tallatud taimkatte aeglasele taastumisele (Masing 1972; Slater, Agnew 1977). Ehkki turbasammaldega kaetud alasid peetakse tallamisega kaasneva mõju suhtes kõige tundlikumateks, polnud sealsetele kooslustele avalduvat inimõju eelnevalt mainitud uuringu läbiviimise hetkel veel uuritud (*Ibid.*: 22).

Slater ja Agnewi (1977) poolt Wales'i läänerrannikul Cors Fochno rabas läbiviidud eksperimentaalne tallamiskoormuse mõju uuring teostati eelnevalt kahjustumata ning tallamata alal, uuriti tallamiskoormuse ning pinnasesse tekkinud jälgede sügavuse seoseid (*Ibid.*: 22).

Pinnase profiili taastumist uurides leiti, et tallatud jäljed püsivad pinnases 20 kuni 30 kuud. Aasta aega pärast esimese tallamiskoormuse rakendamist leiti, et tallatud alade taimestik on domineerima hakanud valge-nokkhein (*Rhynchospora alba*), mida eelnevalt antud katsealal oluliselt ei esinenud. Soovitustena pandi kirja, et antud ala külastuse korraldamiseks oleks soovitatav tavakülastajad suunata vähem haavatava taimestiku ning pinnasega sooladele, kus esinevad liigid tallamiskoormusest tuleneva mõju tõttu nii oluliselt ei kahjustu ega hävine. Samuti leiti, et antud alale ligipääs peaks suve- ning sügiskuudel piiratud olema. (*Ibid.*: 23,27)

Kanadas, Briti Columbia provintsi sookoosluses läbiviidud uuringus (kus uuriti, kas erinevatest häiringutest mõjutatud sookoosluse muutused võivad viidata ökosüsteemi „kokkuvarisemisele“ ning edasisele metsastumisele), selgus, et kolm aastat pärast tallamiskoormuse rakendamist (300 tallamist) olid prooviruutudel taastunud vaid kõrrelised ning lehtsammaltaimed. Leiti, et tallamiskoormusest häiritud samblikud ning kergesti murduvad puittaimed aga kolmeaastase perioodi vältel oluliselt taastunud polnud. (Shackelford 2017)

Eestis olid esimesteks rekreatsiooniga kaasnevate mõjude uuringuteks sookooslustes Elle Roosaluuste tööd tallamise mõjust sootaimestikule, milles jälgiti esmakordselt ka

mitmeaastast tallamise mõju (Roosaluste 1981, 1988). Katse planeerimisel ning teostamisel kasutati soome teadlase Seppo Kellomäki (Kellomäki 1977) poolt lühiajalise tallamise mõju uurimiseks väljatöötatud metoodikat ning välitööd teostati aastatel 1977 –1985 Pärnumaal Nigula looduskaitsealal, Saaremaal Viidumäe looduskaitsealal ja väikesel katsealal Sõrve poolsaarel (Roosaluste 1988).

Ehkki Kellomägi (1977) keskendus enda töös metsa alustaimestikule ilmnevale mõjule, leiti antud metoodika sobiv olevat ka märgades kooslustes läbiviidud tallamise mõju uurimiseks. Tallamisega kaasnevat mõju hinnati kolme indikaatoriga: muutused liigilises koosseisus, taimestiku katteväärtuses, biomassis ning kokku jälgiti 1606 katselappi (Roosaluste 1988).

Roosaluste uuringutest selgus, et tallamise suhtes on kõige tundlikumad niisked alad, mis lisaks eelnevale ka taastuvad tallamisest halvemini. Kuna taastumist uuriti lühiajaliselt, siis selgus vaid asjaolu, et taastumine peale esimest aastat oli kehv ning ehkki see teise aasta möödudes veidi paranes, ei saavutanud ala selle ajaga katse-eelset taimestiku katvust. Samuti näitasid uuringud, et taimede tallamiskindlust mõjutab ka ilmastik (mida märjem kooslus ja sajusem ilm, seda rohkem tekib kahjustusi). Tulemuseks saadi, et soo kuivemas osas on soovituslik tallamiskoormus kuni 50 külastust vegetatsiooniperioodi jooksul ning madalas osas on lubatud 40 külastust vegetatsiooniperioodi jooksul. (Roosaluste 1988)

Viimane suurem külastuskoormusest tuleneva mõju uurimus Eestis keskendus rabas pesitseva linnuliigi rüüda (*Pluvialis apricaria*) arvukusele. Leiti et Nigula rabas 1994. aastal laiendatud laudtee valmimisel suurenesid külastuskoormusest tingitud häiringud oluliselt (Leivits *et al.* 2009).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Käesolevas töös tutvustatud metoodika väljatöötamise vajadusest

Käesolevas töös kajastatud katse metoodika väljatöötamise ja läbiviimise vajadus tulenes vajadusest uurida jalgsi- ja räätsadega tallamise mõjusid sootaimestikule.

Tallamiskoormus ja sellest tulenev mõju on Eesti loodusturismis suurenenud (Keskkonnaameti, RMK ja loodusturismiettevõtjate suulised andmed), lisaks on tänaseks kasutusele võetud ka räätsad, mida sookooslustes liikudes kasutatakse. See asjaolu teeb isegi kõige eraldatumad sood ligipääsetavaks kõikidele huvilistele ning mõnedes soodes või nende osades võib tekkida olukord, mis suurenenud huviga kaasnevad ka teatud soovimatud keskkonnamõjud.

Mitmed loodusturismi ettevõtted korraldavad räätsamatku aastaringselt, matku korraldatakse nii gruppidele kui ka individuaalselt (pakutakse ka räätsade laenutamise teenust). Lühülevaade räätsamatku korraldavatest teenusepakkujatest ning sihtkohtadest on antud lisas 1. Ülevaade koostati Eesti ametliku turismiinfo internetileheküljelt (Puhka Eestis) saadud informatsiooni põhjal, samuti tutvuti seal kajastatud teenusepakkujate kodulehekülgedega.

Erinevate keskkonnamõjude vähendamiseks on Eesti loodusturismi valdkonnas juba ka mõningasi samme astunud. Näiteks teatas OÜ Viis aastaaega 2017. aasta kevadel, et Soomaal jüripäevast jaanipäevani (23.04-23.06) räätsamatku rabas ei toimu. Antud abinõu võeti kasutusele selleks, et vähendada soos pesitsevate lindude häirimist. (Ruukel 2017)

Samuti on RMK avalikustanud puhkemajanduse hea tava, mis käsitleb riigimetsa puhkealade säästliku majandamise põhimõtteid. Lisaks sellele, et põhimõtetesse on koondatud RMK puhkealade majandamisel ja kasutamisel olulised hoiakud, mida RMK ise järgib, kutsuvad nad ka üles kõiki oma partnereid ning RMK puhkealade võimaluste kasutajaid tegema sedasama. (RMK puhkemajanduse hea...)

Ehkki tallamisega seotud inim mõju erinevatele kooslustele on palju uuritud ning Roosalu (1981, 1988) tallamiskatse tulemused jalgsi tallamise olid pädevad ning ülevaatlikud, pole

võimalikke räätsadega tallamisest tulenevaid mõjusid keegi antud uurimuse koostamise hetkeks dokumenteerinud ega analüüsinud. Sellest tulenevalt sisalduvad antud töös ka räätsade kasutamisega seotud asjaolud. Samuti olid Roosalu (Ibid.) poolt läbiviidud taastumise uuringud lühiajalised ning taastumist jälgiti vaid paari aasta jooksul. Käesoleva katse puhul kestab taimkatte taastumise jälgimisperiood kauem ning taastumist uuritakse iga-aastaselt vähemalt kümneaastase perioodi vältel.

Antud uurimistöös käsitletakse taastumist ajavahemikuna, mil uuritava alal inimõjust kahjustatud taimkatte ning pinnas looduslikul teel taas esialgsele kooslusele lähedase seisundi saavutab.

2.2 Uuringu läbiviimisele eelnenud toimingud

Esmaseks toiminguks oli 2017. aasta kevadel põhjalik eeltöö, mille käigus selgitati välja katseala potentsiaalne asukoht. Kaaluti mitmeid erinevaid faktoreid ning peeti silmas asjaolu, et asukoht võiks paikneda Lääne-Virumaal või Harjumaal, olla looduskaitsealadelt väljaspool ning samas loodusliku veerežiimiga soola.

Et saada võimalikult täpsed tulemused, peab katset planeerides ja teostades silmas pidama asjaolu, et peale tallamiskoormuse ei lisanduks katsealal muid kõrvalisi häiringuid (Cole 1993: 209). Seetõttu oli ka käesolevas töös kajastatud katse sooritamiseks oluline valida eraldatud asukoht eelnevate häiringuteta looduslike kooslustega alale.

Peale Keskkonnaameti spetsialistidega nõu pidamist, valiti sobivaks asukohaks Kuusalu vallas Valgejõe külas Tallinn-Narva maanteest lõunas Loksa metskond 39 katastriüksusel (katastritunnus 42301:005:0396) riigimetsa kvartalitel VJ137 ja VJ138 asuv Kullisoo (joonis 1). Kuna nimetatud ala asub riigimaal ning on Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) haldusalas, siis oli vajalik kooskõlastus, mis ka 2017. aasta juunis saadi.

Katse planeerimise faasis konsulteeriti ka Elle Roosalu, kes käis kohapeal alasid valimas ning andis metoodilist, praktilist ja teoreetilist nõu katse korraldamiseks ja läbiviimiseks. Katse kõigis etappides konsulteeriti samuti Elle Roosalu.



Joonis 1. Kullisoo ning katseala asukohakaart (Allikas: XGIS Maa-ameti...)

Enne edasisi toiminguid tähistati katseala mõlemalt poolt infotahvlitega (lisa 2), kus teavitatakse teadustöö olemasolust ning palutakse tähistatud katsealadel mitte viibida. Samuti paigaldati veemõõdutorud, digitaalsed veetaseme mõõteseadmed ning võeti turbaproovid ja kirjeldati kooslused. Kullisoo katsealal esines kolm erinevat sookooslust, millele katse planeeriti: puisraba, rohuraba ja kahe eelneva üleminekuala ehk puis-rohuraba kooslus.

2.3 Tallamiskatse planeerimine ja läbiviimine

Levinuimaks tallamiskatse läbiviimise meetodiks on transektide või katsealade rajamine eelnevalt hoolikalt välja valitud asukohta (Cole 1993: 209). Transekt kujutab antud käsitles endast ette lineaarselt kulgevat katseala, mis katab huvipakkuva ala katse eesmärkidele vastavas mahu. Transektide laius oleneb paljugi konkreetse katse eesmärkidest ja edasisest planeerimisest.

Katsealade suurus ja kuju on erinevate tallamiskatsete puhul väga palju varieerunud. Samuti on varieerunud ka transektide laius, mis omakorda mõjutab tallamise intensiivsust, olles erinevate katsete puhul olnud nii 25 sentimeetrit (Kay, Liddle 1989: 510) kui ka 1,2 meetrit (Bayfield 1979 ref Cole, Bayfield 1993: 210). Cole ja Bayfield pidasid oma juhendis (*Ibid.*) optimaalseimaks transekti laiuseks vähemalt 0,5 meetrit ning pikkuseks 1,5 meetrit, seejuures Whinam ja Chilcott kasutasid oma 1999 aastal läbiviidud katses 1,5 meetri laiust ja 10 meetri pikkusi transekte (1999 ref Ólafsdóttir, Runnström 2015). Antud valikut põhjendati sellega, et sellises mõõdus transekt annab katses osalenutele võimaluse säilitada loomulik kõnnak, samuti on sellise raja laiuse puhul võimalik vältida erinevaid looduslikke takistusi (*Ibid.*).

Soovitav on, et transektid oleksid üksteisest mitte vähem kui 0,4 meetri kaugusel. Transektide rajamisel on samuti oluline silmas pidada, et igas uuritavas koosluses peaks olema minimaalselt neli kordust iga tallamiskoormuse kohta. (Cole, Bayfield 1993: 210).

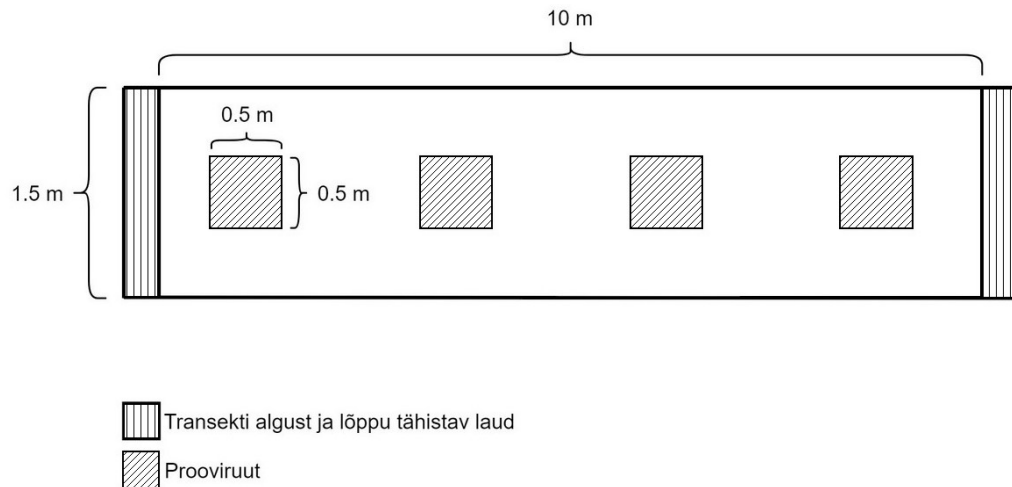
Käesolevas töös kajastatud tallamiskatse transekte rajades arvestati järgnevate tingimustega:

- 1) Raja laius peab olema vähemalt võrdväärne või suurem kui tavapärane looduslikul taimestikul asuv jalgrada.
- 2) Raja laius peab olema piisavalt suur, et oleks võimalik ka räätsadega potentsiaalsetest takistustest mööda liikuda (jäädes seejuures siiski katseala trajektoorile).
- 3) Igale transektile peab mahtuma neli 50 x 50 sentimeetri suurust püsiruutu.
- 4) Transektide vahele peab jääma piisavalt suur vahe, et taimkattemuutusi kirjeldavaid mõõtmisi tehes ei kaasneks olulisi häiringuid.

Arvestades eelnevalt kajastatud autorite soovitusi, Elle Rooslustega konsulteerides saadud informatsiooni ja viimases loetelus toodud antud katse eripäradest tulenevaid tingimusi, planeeriti transektid järgnevalt:

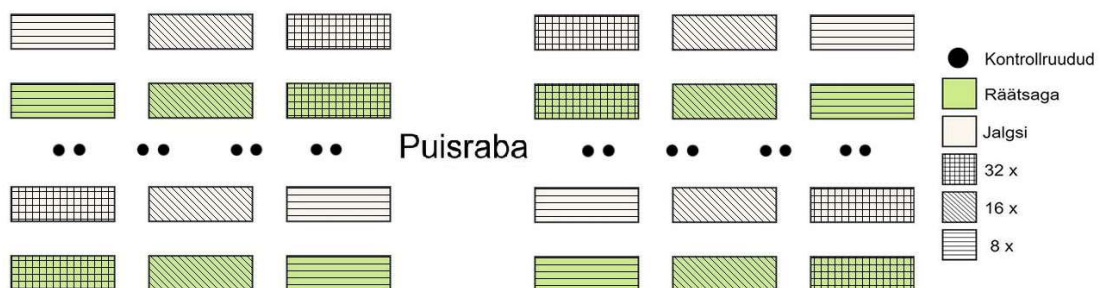
- Igasse uuritavasse kooslusesse rajati 1 katseväljak.
- Transektide laiuseks valiti 1,5 meetrit ning pikkuseks 10 meetrit (joonis 2).
- Igal katseväljakul asus 4 transekti mõlema tallamisviisi (jala ja räätsaga) ning kolme koormuse (32, 16, 8) kohta. (Iga tallamisviisi ja korduse kohta moodustati 4 kordust)
- Sellest tulenevalt planeeriti ühele katseväljakule kokku 24 (1,5 x 10 meetrit) transekti.

- Igale transektile planeeriti 4 prooviruutu.
- Kokku planeeriti tallamisviisi ning koormuse kohta 16 prooviruutu ning sama palju kontrollruute.



Joonis 2. Illustreeriv joonis kavandatud transektist

Järgnevalt on välja toodud üldine skeem transektide ning kontrollruutude paiknemise kohta puisraba koosluse katseväljaku näitel (joonis 3). Ülejäänud kaks katseväljakut planeeriti sama skeemi järgi ning kogu katseala illustratiivne skeem on välja toodud lisas 3.



Joonis 3. Transektide ning kontrollruutude paigutus Kullisoo katseväljakul puisraba koosluse näitel

Transektide mahamärkimiseks kasutati pinnasesse paigaldatud PVC torusid, sest katse on pikaajaline ning katseväljakute püsiv märgistus peab olema tagatud. Transektid pandi paika mõõdulindi abil.

Vähendamaks transektide algus- ja lõpp-punktides liigset tallamist, paigaldati transektide otstesse sama laiad servamata lauad (joonis 4), kuhu tallamiskatses osalenud isikud peale tallamist astuda said.

Selleks, et transektid oleksid kõikidele katses osalejatele üheselt mõistetavad, märgiti iga transekti alguses asuvale plastiksildile konkreetse transekti tallamisviis ning korduste arv. Kuna katse on pikaajaline ning sildid ei pruugi kõikidele keskkonnateguritele vastu pidada, siis märgiti vajalik informatsioon ka transektide alguses olevale lauale.



Joonis 4. Transekti ülesehitus Kullisoos puisraba koosluse näitel

Cole on oma artiklis „Recreational Trampling Experiments: Effects of Trampler Weight and Shoe Type“ (1995) välja toonud seosed tallamiskatses osalenute isikute jalanõu tüübi, kehakaalu ja tallamisest tuleneva mõju osas. Leiti, et jäiga kummist mustriga tallaga jalanõud tekitasid taimede katvuses 6% rohkem vähenemist kui jooksujalanõud. Küll aga oli antud vahe 1 aasta pärast teostatud mõõtmiste tulemustena stabiliseerinud.

Tallamiskatses osalenud isikute kehakaal mõjutas aga antud katses rohkem taimkatte kõrgust ning avaldub erinevus oli seejuures suurem pärast esimest aastat. Koheselt peale tallamiskoormuse rakendamist vähenes 77-kg tallamiskatses osalenud isiku pool tallatud taimkatte kõrgus 9% rohkem kui 59-kg isiku puhul, aasta aega hiljem teostatud mõõtmiste tulemusena selgus, et vahe taimkatte kõrguses oli juba 18%. (*Ibid.*: 4)

Cole (1995: 4) soovitas edasiste tallamiskatsete tulemuste võrdlemise lihtsustamiseks tallamiskoormuse rakendamisel valida tallajateks mõõduka kehakaaluga (77 kg) isikud, kes kannavad kõik ühte jalanõutüüpi – soovitatavalt jäigast kummist mustriga tallaga jalanõusid.

Kuna antud tallamiskatse oli küllaltki aeganõudev ning katse korraldajate püsi-meeskond väike (2 inimest), viidi see läbi mitmete erinevate tallajate (9 inimest) abil ja eelnevalt soovitatud standardi järgimine oleks olnud keerukas. Tallajate kehakaal varieerus 60 – 100 kg vahel, samuti kasutati tallamisel nii jäiga kummist mustriga tallaga jalanõusid kui ka jooksujalanõusid.

Räätsadega tallamise puhul kasutati Matkamaailma kauplusest päringu teel soovitatud enim populaarseid räätsasid (joonis 5). Räätsade tallale kinnitatud kaks metallist kihva ning kuus metallist naastu eemaldati (eeldusel, et räätsamatku korraldavad ning räätsasid laenutavad ettevõtted ei kasuta antud abivaheneid omavaid räätsasid (v.a. talveperioodil)).



Joonis 5. Vasakult: Morpho Trimoealp Light räätsad, Morpho Trimette Light räätsad, Morpho Trimoeette Light räätsad (*Allikas: Matkamaailm*)

Lisaks eelnevatele soovitustele on öeldud, et tallamiskoormuse rakendamine võiks toimuda kõikidel transektidel samal päeval, kuid pole mingeid vastupidiseid väiteid, et tallamine ei võiks olla jaotatud mitmekuisele katseperioodile (Bayfield, 1979; Cole, 1985 ref Cole, Bayfield 1993: 210).

2.4 Tallamisest tuleneva mõju mõõtmine

Selleks, et mõista tallamisega kaasnevaid mõjusid looduskooslustele, on enim tähelepanu pööratud taimkattele ning sellega seotud muutustele (Cole, Bayfield 1993: 209). Taimkattes asetleidvaid muutusi peetakse ühtlasi üheks kõige paremaks keskkonnaseisundi hindamise indikaatoriks (Suding *et al.* 2008).

Kaks peamist indikaatorit mida jälgida on seosed tallamiskoormuse ja taimkatte muutuste vahel ning erinevate taimeliikide ning erinevate taimeliikide ja koosluste vastuvõtlikkus ja tundlikkus tallamisest tuleneva mõju suhtes (Cole, Bayfield 1993: 209).

Esmasteks tallamisest tuleneva mõju ilminguteks on taimkatte kõrguse vähenemine, samuti on täheldatud ka kiireid muutusi pinnase profiilis. Lisaks eelnevatele muutujatele on oluline jälgida ka taimede katvuse protsenti, mis annab olulist informatsiooni, kas ja kui märgatavalt tallamisest tulenev mõju taimkatet kahjustab. (*Ibid.*)

Lisaks eelnevale on leitud, et tallamisega kaasneb turbalasundi paljastumine ning võib esineda pinnase tihenemist, millega kaasnevad mõjud võivad püsida kuni 7 aastat (Bayfield 1979 ref Rosenburgh 2015).

Tulenevalt eelnevatest käsitlustest, kasutati ka antud katse puhul tallamisega kaasneva mõju uurimiseks erinevaid taimkatte ning pinnase muutuste tuvastamiseks rakendatavaid uurimismeetodeid. Teostati geobotaaniline analüüs, mille käigus mõõdeti taimkatte üldine kõrgus, hinnati katvust ning kirjeldati liigiline koosseis. Samuti mõõdeti pinnase profiil ning püsiruutudest tehti digitaalsed fotod, et fikseerida algseis ning tulevikus vajadusel saada lisainfot, mida algselt võib-olla ei osatud tähtsustada, kuid mis hiljem võib interpreteerimisel osutada oluliseks.

Selleks, et analüüsida muutusi taimkattes ning hinnata katsejärgselt tekkinud kahjustuste ulatust, teostati kõik alljärgnevad mõõtmised vahetult enne tallamist (v.a. raja laiuse mõõtmine) ning tallamisjärgselt.

Tallamiskoormusest mõjutatud taimkatte taastumise uurimiseks sooritatakse järgnevad mõõtmised iga-aastaselt kümne aasta jooksul pärast katset vegetatsiooniperioodi lõpus.

2.4.1 Geobotaaniline analüüs

Taimede katvuse kirjeldamiseks ja uurimiseks on kõige levinumaks viisiks visuaalse hinnangu andmine taimeruudu meetodil, mis on ühtlasi mugav ning vähe aeganõudev lahendus. Seeläbi on võimalik hinnata tallamise mõju nii taimede katvusele kui ka nende struktuurile (Cole, Bayfield 1993: 211). Taimede katvust hinnatakse protsentuaalselt nende vertikaalse paiknemise järgi maapinnale asetatud ruudus (Mueller-Dombois, Ellenberg 1974).

Cole ja Bayfield on märkinud, et taimede katvust hinnates tuleks silmas pidada ainult elusaid (rohelisi) fotosünteesivaid taimi. St et katvuse alla ei tohiks arvestada tallamisest kahjustunud (puitunud)taimevarsi ja muid taimede osi, millel puuduvad igasugused fotosünteesivad osad. (Cole, Bayfield 1993: 211)

Samuti on nad välja toonud, et taimede katvuse protsent võib veel mõnd aega peale tallamiskatset langeda, sest tallamiskahjustustega taimed võivad surra alles paari päeva kuni nädala pärast (*Ibid.*).

Käesolevas katses kasutati taimestiku seisundi ja kahjustuste hindamiseks spetsiaalselt valmistatud raami sisemiste mõõtmetega 50 x 50 sentimeetrit (0.25 m²). Ehkki algselt oli plaanis raami sisemine osa jaotada pingutatud nõõride abil 25 ruuduks (suurusega 0,01 m²), jäi see erinevate kaalutluste põhjal tegemata. Suurimaks takistuseks oli puisrabas esinev tihe puhmarinne.

Kuna katse on pikaajaline ning edasiste andmete kogumisel on oluline, et iga kirjeldatud ruudu asukoht oleks ka järgnevate välitööde ajal täpselt sama, märgiti transektidele peenikeste PVC torude abil püsiruudud, kuhu edasistel välitöödel raam asetada.

Igale transektile paigutati 4 püsiruutu. Sellest tulenevalt on igas koosluses tallamisviisi ning korduse kohta kokku 16 püsiruutu. Lisaks transektidel paiknevatele püsiruutudele paigaldati katseterritooriumile ka sama palju kontrollruute.

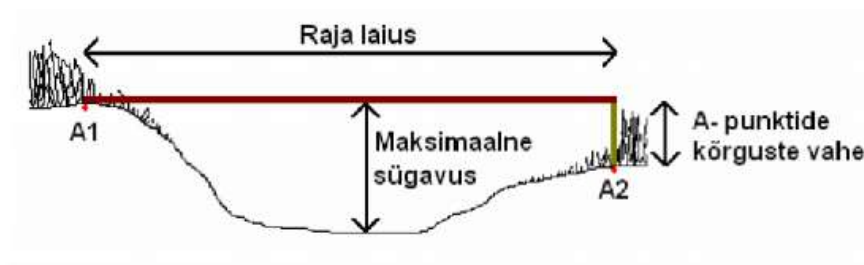
Taimede üldkatvust hinnati protsentuaalselt. Eraldi märgiti üles soontaimede ning sammalde ja samblike katvuse protsent. Taimede üldkatvusest arvestati maha hävinenud taimede või taimede osade, kõdu ning muu mineraalse osa katvus.

Selleks, et hinnata taimkatte seisukorda enne ja pärast tallamisest tulenevat mõju, mõõdeti ka taimkatte kõrgus. Cole ja Bayfield (1993: 209) on välja toonud, et taimkatte kõrguse vähenemine on tihti esmane tallamisest tulenev mõju. Samuti on nad oma juhendis soovitanud mõõta taimkatte kõrgust koheselt peale katse toimumist, kuna siis on vähenemine kõige suurem (*Ibid.*: 211).

Käesolevas katses mõõdeti eraldi puhmarinde ning rohurinde kõrgus. Mõõtmised teostati mõõdulindiga ning iga püsiruudu kohta tehti vastavalt rindele 3 mõõtmist.

2.4.2 Raja profiili mõõtmine

Et hinnata ning analüüsida tallamiskoormusest tuleneva mõju avaldumist pinnasele, on oluline mõõta pinnase ristprofiil. Paljudes koormustaluvuse uuringutes ning enamasti mineraalmaal ja metsakooslustes on tavapäraseks pinnase ristprofiili mõõtmise meetodiks joonisel 6 kujutatud lahendus:



Joonis 6. Raja ristprofiili läbilõige ja tehtavad mõõtmised (*Allikas: Hurt et al. 2009*)

kus asetatakse vesilood maapinnale nii, et selle üks ots jääb tallamisjärgselt tekkinud raja kõrgemal asetsevasse punkti. Teise, raja madalamasse punkti asetatakse tugipost, mille abiga paigutatakse eelmainitud vesilood horisontaalselt maapinnaga. Raja profiili hindamiseks kirjutatakse üles joonisel nr 6 välja toodud punktide A1 ja A2 vahe (sentimeetrites). Kõrguste tegelik erinevus saadakse A1 ja A2 vahe absoluutväärtusena. Samuti mõõdetakse (RMK metoodika kohaselt) ka 1 sentimeetri täpsusega raja maksimaalne sügavus (rajapunkti sügavaima koha vahekaugus joonlauaga sentimeetrites). (*Hurt et al. 2009: 28*)

Ehkki antud metoodika on põhjalik ning efektiivne, eeldasime, et seda pole võimalik väga täpselt sookooslustes sealsete veerežiimist ning mikroreljeefist tulenevate eripärade tõttu rakendada. Mätliku ja älvelise mikroreljeefi ja aktiivse turba ladestumise tõttu on mõõdetav pinnas uuritavates kooslustes väga vahelduva ning muutliku profiiliga ning eelnevalt

mainitud metoodikaga poleks sellisel pinnasel võimalik kindlate pidepunktide puudumise tõttu kordusmõõtmisi teostada.

Tallamiskoormuse rakendamisega kaasneva tallamisjälje mõõtmiseks on kasutatud ka tallatud jälje ruumala mõõtmise meetodit, kus tekkinud jälje vormi asetati polüetüleenist kott, mis täideti sellise hulga veega, et veekõrgus oleks ümbritseva rabapinnasega samal tasemel. Antud meetodit rakendati tallamisjärgsete jälgede mõõtmiseks kuuajaliste intervallidega seniks kuni mõõtmisvahed väiksemaks muutusid. Tulemuste erinevuse kahanedes teostati mõõtmisi harvemini. (Slater, Agnew 1977: 23)

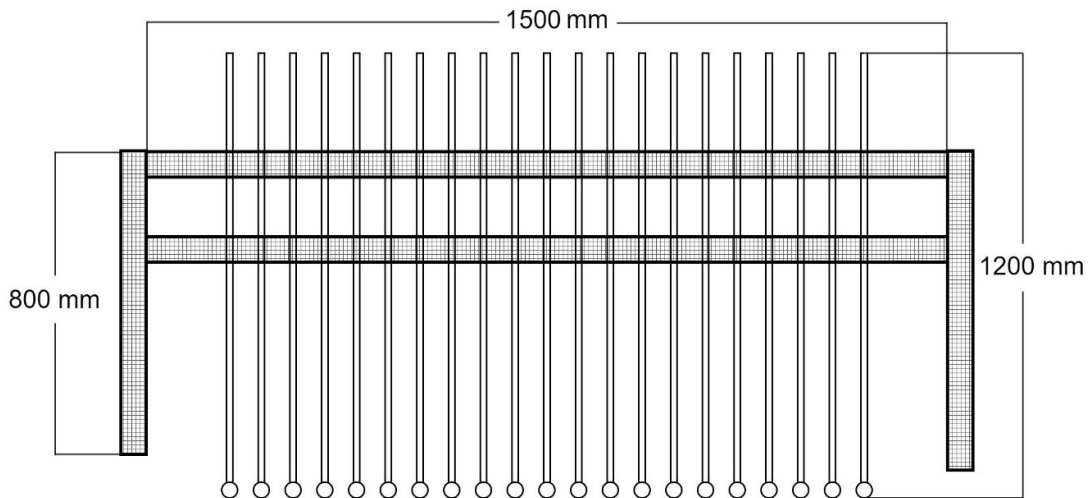
Ka see meetod võib anda tallatud pinnase sügavuse küllaltki häid tulemusi, kuid leiame, et sellisel viisil läbiviidavaid mõõtmisi oleks olnud käesoleva uuringu tarbeks ajamahukuse, katseala suuruse ning prooviruutude hulga tõttu keeruline teostada. Seda metoodikat rakendati üksikute külastajate üksikute jälgede mõõtmisel, käesolevas katses on aga tegemist korduvtallamisel tekkinud radadega. Samuti ei anna see tallatud pinnase profiili kohta piisavalt kaalukaid andmeid, mistõttu poleks võimalik hinnata ning võrrelda erinevate tallamisviiside puhul avalduvat mõju. Sellest tulenevalt oli enne tallamiskoormuse rakendamist oluline sookoosluste pinnase profiili mõõtmiseks välja töötada uus metoodika.

Metoodika väljatöötamisel arvestati järgnevate tingimustega:

- Raja profiili mõõtmiseks on oluline fikseerida kindel kõrguspunkt, millest lähtuvalt pinnase profiilis asetleidvaid muutusi tuvastada.
- Raja profiil mõõdetakse katsealal paiknevate prooviruutude servadest – seega on oluline, et mõõtmispunktid kataksid ära vähemalt 0,5 meetrise ala.
- Raja profiili mõõtmisel on oluline, et mõõtmised teostatakse võimalikult väikese vahemaa tagant, et tallamisjärgselt kujunenud profiilist võimalikult täpne ülevaade saada.
- Kasutatav mõõteriist peab mõõtmiste hetkel olema stabiilne, sellest tulenevalt ei tohiks see olla väga kergest materjalist.
- Kasutatav mõõteriist peab olema võimalikult lihtsa ehitusega, et seda oleks võimalik antud kooslustes teostatavatel mõõtmistel mugav kasutada.

Lähtudes ehituses kasutatava profiilikammi põhimõtetest ja eelnevas loetelus väljatoodud tingimustest komplekteeriti spetsiaalselt antud uuringu tarbeks alljärgnev mõõteriist (edaspidi profiilikamm). Profiilikamm (joonis 7) koosneb 1500 millimeetri laiusest ning 800

millimeetri kõrgusest alumiiniumprofiilist ning sellele vertikaalselt kinnitatud vabalt liikuvatest 1200 millimeetri pikkustest metallist keermelattidest (21 tk). Et keermelattid fikseeritud oleksid, on need ühest otsast kinnitatud Nylock mutritega, alumisse, pinnase poolsesse otsa on igale latile paigaldatud plastikust lauatenise pallid. Viimased hoiavad ära metallvarraste vajumise pinnasesse ning ühtlustavad teostatud mõõtmisel saadud tulemusi.



Joonis 7. Profiilikamm raba pinnase profiili mõõtmiseks

Antud mõõteriista kasutamiseks oli katsealal oluline fikseerida ka kindel kõrguspunkt. Kõikidesse (3) kooslustesse paigaldati püsireeper (kohtkindel geodeetiline märk). Metallist reeperid paigaldati pinnasesse ~ 3-5 meetri sügavusele, et oleks välistatud ilmastikust või muudest keskkonnatingimustest põhjustatud asendimuutused. Esmalt fikseeriti edasiselt kasutatav kõrguspunkt katseala põhjapoolseimale reeperile ning edaspidi märgiti iseloodiva ristlaseri (DeWalt DCE089D1G), laseri vastuvõtja ning mõõdulindi abil sama kõrguspunkt ka teistele reeperitele.

Pinnase profiili mõõtmiseks asetatakse profiilikamm sobivasse asukohta ning seejärel mõõdetakse mõõdulindiga ära alumiiniumprofiili ülemise serva ning keermelattide ülemiste otste vahe. Mõõtmisi teostades on oluline jälgida, et alumiiniumprofiil oleks pinnase suhtes horisontaalselt ning seejuures loodis. Selleks otstarbeks on mõõteriistale paigaldatud mitu vesiloodi.

Peale profiili otsest mõõtmist on vajalik teostada ka kõrguspunkti fikseerimine, et erinevates asukohtades saadud tulemusi oleks võimalik analüüsida ning võrrelda.

Et vahelduva mikroreljeefi ning taimestikuga prooviruutudel mõõdistamisi võimalikult hõlpsalt teostada, paigaldati mõõtmispiirkonda sobivasse asukohta eelnevalt mainitud iseloodiv ristlaser. Antud mõõtevahendi paigutusel on oluline jälgida, et mõõdetav ala ei asuks iseloodivast ristlaserist kaugemal kui 60 meetrit, mis on vastuvõtjat kasutades antud laseri maksimaalne tööala.

Laseri kiire kõrgus kalibreeriti püsireeperile märgitud kõrguspunkti suhtes ning vastav kõrgus mõõdeti laseri vastuvõtja abil iga mõõtmise järgselt. Mõõdeti laseri kiire ning alumiiniumprofiili ülemise serva vahe. Mõõtmise käigus saadud andmeid töödeldakse ning analüüsitakse andmetöötlusprogrammis Microsoft Excel.

2.4.3 Raja laiuse mõõtmine

Selleks, et tallamiskoormuse ning sookoosluste taimestiku vastupanuvõime seoseid veelgi põhjalikumalt uurida teostati Kullisoos peale tallamiskatse läbiviimist ka raja laiuse mõõtmised. Igal transektil teostati 5 mõõtmist (mõõdeti kaks raja maksimaalsemat, kaks minimaalsemat ning üks keskmine laius). Selleks et saada välja kujunenud raia laiusest võimalikult täpsed andmed, ei olnud antud mõõtmised otseses seoses prooviruutude ning nende paiknemisega.

Antud osa uurimusest, selle metoodikast ja tulemustest on kajastatud Kristina Kabitova bakalaureusetöös „Rabapinnase koormustaluvus räätsadega ja tavalise tallamise korral“, milles sõnastatud hüpotees oli järgmine:

Räätsadega rabas liikumine kahjustab raba pinnast vähemalt sama palju kui jalgsi liikumine.

Märjemates kohtades ja älverabas on tallamisjäljed laiemad kui kuivemates kooslustes. (Kabitova 2018)

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1 Katse korraldus

Tallamiskoormusest tuleneva mõju uurimiseks väljatöötatud metoodika rakendamine teostati Harju maakonnas Kullisoos 2017. aastal. Tallamiskoormuse rakendamisele eelnenud katseala tähistamine, veemõõdutorude, digitaalsete veetaseme mõõteseadmete ning püsireeperite paigaldamine, esmane geobotaaniline analüüs, pinnase profiili mõõtmine ja digitaalsete fotode tegemine püsiruutudest sooritati 2017. aasta juulis ning augustis.

Tallamiskoormuse rakendamine toimus 2017. aasta augustis 10 päeva jooksul ning vastavalt koormustele (32, 16 ja 8 x) sooritati 320, 160 ja 80 tallamist. Arvestades raskendatud ilmaoludega viidi antud uurimistöös kajastatud 10-päevane katse läbi kahe nädala jooksul. Tallamiskoormuse rakendamisel osales kokku 10 päeva jooksul 9 inimest.

Peale 10-päevast tallamiskatset teostati 2017. aasta septembris tallamisjärgne geobotaaniline analüüs ning samuti tehti ka digitaalsed fotod. Oktoobris 2017 viidi läbi pinnase profiili mõõtmine.

Et uurida taimkatte taastumist tallamisest tulenevatest mõjudest on edaspidi plaanis iga aasta augustis (vähemalt järgneva 9 aasta jooksul) teostada järelmõõtmisi. Lisaks on kavas drooni ehk mehitamata õhusõiduki abil mõõta fotosünteesi aktiivsust, pinnase niiskust ja temperatuuri ning võrrelda droonimõõtmise ja LIDAR andmete täpsust profiilikammiga mõõdetud tulemuste suhtes, et selgitada välja võimalused rabapinnase rekreatiivsete kahjustuste määramiseks kaugseire abil rabade erinevates piirkondades looduses.

Katse planeerimise ning rakendamise peamiseks puuduseks antud uuringu puhul oli kehv ajaplaneerimine. Katse planeerimine, selle läbiviimisele eelnenud välitööd ning mõõtmised võtsid oodatust kauem aega, samuti pidi kohati arvestama ka kehvade (sademed ja tuul) ilmaoludega. Kuna teistkordsed mõõtmised teostati küllaltki sajurohkel perioodil, võtsid need ka planeeritust kauem aega.

Leiame, et antud mahus teostatava katse planeerimisel ning läbiviimisel peab püsimeeskond olema suurem kui 2 inimest.

Teostatud katse ülespanek, geobotaaniline analüüs ning pinnase profiili mõõtmine võtab sellises mahus küllaltki kaua aega. Katse tarbeks planeeritud transektide ning prooviruutude

märkimine, turbaproovide võtmine, veemõõdutorude paigaldamine ja digitaalsete fotode tegemine võttis kokku aega ~3-4 päeva. Antud katse puhul kulus proovi- ning kontrollruutude täielikule geobotaanilisele analüüsile aega 5 ning pinnase profiili mõõtmisele samuti 5 täispikka tööpäeva. Katsejärgsele analüüsile ning mõõtmisele kulus samuti kokku 10 täispikka tööpäeva.

3.2 Katse ülesehituse sobivus

Tallamiskoormusest tuleneva mõju uurimiseks sookoosluste tarbeks planeeritud katse andis läbiviijate hinnangul soovitud tulemuse. Katsealale kolme uuritava koosluse kaupa rajatud katseväljakud olid hästi paigutatud. Transektide paigutus antud uuringu katsealal täitis oma ülesande ning oli asjakohane. Paigutus ei takistanud transektidel asuvatel prooviruutudel tallamisest tuleneva mõju uurimise tarbeks tehtud mõõtmiste teostamist.

Rajatud transektid (1,5 x 10 meetrit) olid nii jalgsi kui ka räätsadega tallamiseks sobiva laiusega, katses osalenud isikud said tallamiskoormust rakendades valida endale transektide piires meelepärase trajektoori, mis võimaldas vajadusel maastikul asuvaid takistusi vältida. Samuti asusid tallamiskoormuse ning korduste kaupa planeeritud transektid üksteisest piisavalt kaugel.

Arvestades, et märjemas koosluses (rohurabas) älvelise mikroreljeefiga alal kujunes tallatud rada maksimaalselt 1,4 meetri laiuseks (Kabitova 2018: 17), oli raja laiuseks valitud 1,5 meetrit piisav, et tallamisest tulenevat mõju transekti piires hinnata.

Planeeritud transektide pikkus (10 meetrit) on piisav, et ära mahutada 4 (transketi kohta) maastikul paiknevat prooviruutu. Kuna transektid paiknesid katseväljakutel (3) üksteisest piisavalt kaugel, oli võimalik kontrollruudud paigutada maastikul võimalikult varieeruvalt, et vältida liialt homogeensest mikroreljeefist kogutud andmeid.

Lisaks eelnevale oli transektide pikkus piisav, et tallamiskatses osalenud isikutel säiliks loomulik tallamisrütm. Samuti oli katsealale planeeritud transektide pikkus sobiv, et oleks võimalik teostada pinnase profiili mõõtmist iseloodiva ristlaseri abil. Antud laserit oli planeeritud katseväljakutel mugav kasutada, laseri töökaugus (60 meetrit) oli antud tingimustes sobiv.

Transektide tähistus oli piisav, et tallamiskatses osalenud ning teised katsealal viibinud isikud neid maastikul hõlpsasti märkaksid. Samuti andsid transektidele paigutatud plastiksildid ja servamata lauad katses osalenud isikutele tallamiskoormuse ning korduste kohta piisavalt informatsiooni, et vältida tallamiskoormuse rakendamisel esineda võivaid vigu.

Tallamiskoormuse mõju uurimiseks sookooslustes planeeritud katse puuduseks võib pidada püsiruutude näol PCV torude abil mahamärgitud prooviruute. Vaatamata väikesele läbimõõdule, takistasid need tallamiskoormuse rakendudes ühtlase ning loomupärase tallamisjärgse raja tekkimist. Jalgsi tallates ei kaasnud nendega mingeid takistusi, ent räätsadega tallates oli mõju silmnähtav.

Ehkki transektidel paiknenud nii prooviruutude sise- kui ka väliskülgedele rakendus vastavalt trajektoorige tavapärane koormus, polnud räätsade pikkuse tõttu võimalik 50 x 50 sentimeetri ulatuses 4 nurgast ümbritsetud torude tõttu astuda liikumissuunaga sirgelt asuvate prooviruutude servadele. Eelnevalt tulenevalt tekkis prooviruutude servades asuval pinnasel „üleskerkimise“ efekt. Antud häiring ei kajastu geobotaanilise analüüsi meetodil kogutud andmetes, küll aga võib see kajastuda tallamisjärgses ning tallamisperioodil läbiviidud pinnase profiili mõõtmisel kogutud andmetes ning andmeanalüüsi teel saadud tulemustes.

Arvestades asjaolu, et tallamiskoormuse rakendamisega kaasnevate mõjude ning nendest taastumise uuring toimub pika perioodi (10 aasta) jooksul, polnud aga antud katse puhul võimalik prooviruute muud moodi maastikule märkida.

3.3 Kasutatud metoodikate asjakohasus

Geobotaanilise analüüsi teostamiseks rakendatud taimeruudu meetod oli sookooslustes läbiviidava tallamiskoormusest tuleneva mõju uurimiseks asjakohane. Taimeruudu meetod annab piisavalt hea ülevaate taimkattes ning liigilises koosseisus toimuvatest muutustest, samuti on katse tarbeks maha märgitud prooviruudud piisavalt hästi tähistatud, et järgnevate aastate jooksul kogutud andmeid eelnevatega võimalik võrrelda oleks.

Samuti oli antud kooslustes läbiviidava uuringu tarbeks planeeritud prooviruudu suurus (50 x 50 sentimeetrit) sobiv. Sellises suuruses prooviruut sobib hästi geobotaanilise analüüsi

läbiviimiseks sookooslustes. Prooviruutudes läbiviidud analüüsi tulemusena selgus, et esindatud olid kõik antud kooslustes täheldatud liigid.

Taimkatte kahjustuste hindamine

Lisaks eelmainitud prooviruudu suuruse eelistele oli selle suurus piisav, et tallamiskoormuse rakendamisest tuleneva mõjuga kaasnevaid kahjustusi ja muutusi taimkattes hinnata ning mõõta. Kitsaskohaks võib nimetada ühtse kahjustuste klassifikatsiooni puudumist, mida antud uuringu puhul veel välja pole töötatud, kuid mille väljatöötamine on edasise uurimustöö eesmärk.

Antud uuringu käigus märgiti tallamisjärgset analüüsi tehes üles kõik taimkatte potentsiaalsete kahjustustega seonduvad tähelepanekud (kirjeldati kui suur osa taimestikust on hävinud, kui suur osa on tallamise läbi kokkusurutud ning kui suur osa taimestikust on tallamise tõttu „üles kistud“).

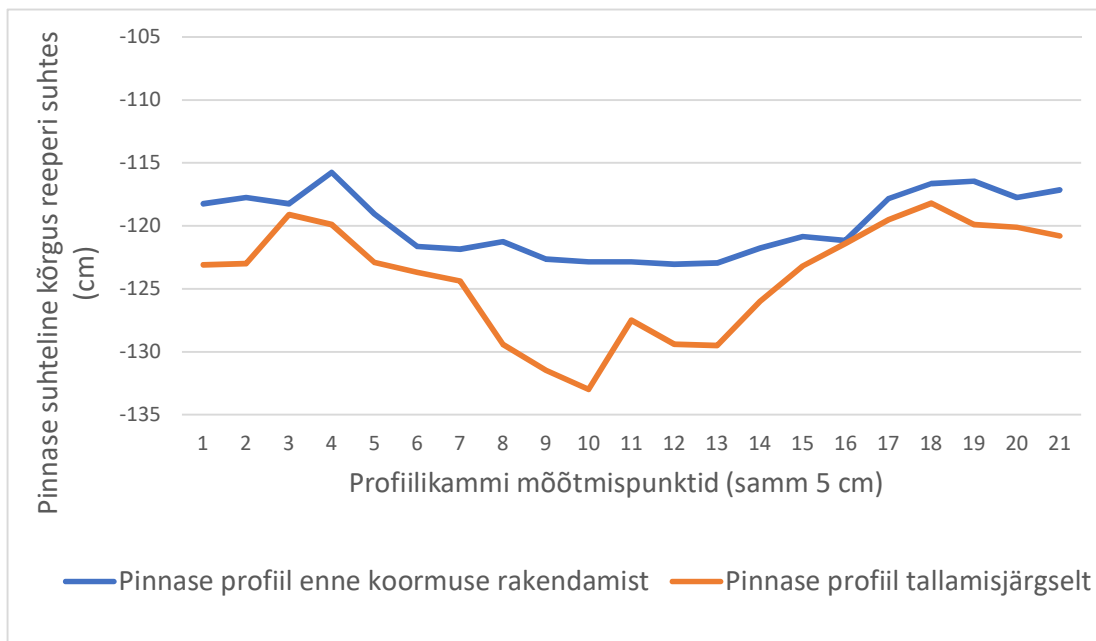
Kuna turbasamblad ei pruugi piisava veevarustuse puhul peale „üles kiskumist“ koheselt hävida, on raske tekitatud kahjustust koheselt peale tallamiskoormuse rakendamist hinnata. Samuti on räätsakahjustuste hindamine keeruline, sest räätsaga tallamise järgselt on taimkate ühtlaselt kokku surutud ja pinnas tihenenud. Seejuures pole võimalik tuvastada, kas turbasamblad on hävinenud või tegemist on lihtsalt ajutiste kahjustustega või deformatsiooniga.

Edasine pikema perioodi jooksul läbiviidav taastumise jälgimine oluline, et tuvastada, kas tekitatud kahjustused taanduvad või hoopis suurenevad taimede edasise hävimise näol.

Pinnase profiili mõõtmine profiilikammi meetodil oli katse läbiviijate hinnangul samuti edukas. Tallamiskoormuse rakendamise järgselt profiilikammi meetodiga kogutud andmed on 2018. aasta seisuga sisestatud andmetöötlusprogrammi Microsoft Excel.

Esmase katselise andmetöötluse tulemusena on näha, et antud meetodil kogutud andmed on edasise töötamise jaoks piisavalt pädevad. Ligikaudu ühe meetri laiuselt paiknevatest 21 mõõtepunktist kogutud andmed annavad tallamise käigus tekkinud rajast hea ülevaate. Saadud tulemusi on võimalik Microsoft Excel'is efektiivselt töödelda ning tallamisele eelnenud ning järgnenud profiili on võimalik ka graafikute näol visuaalselt võrrelda.

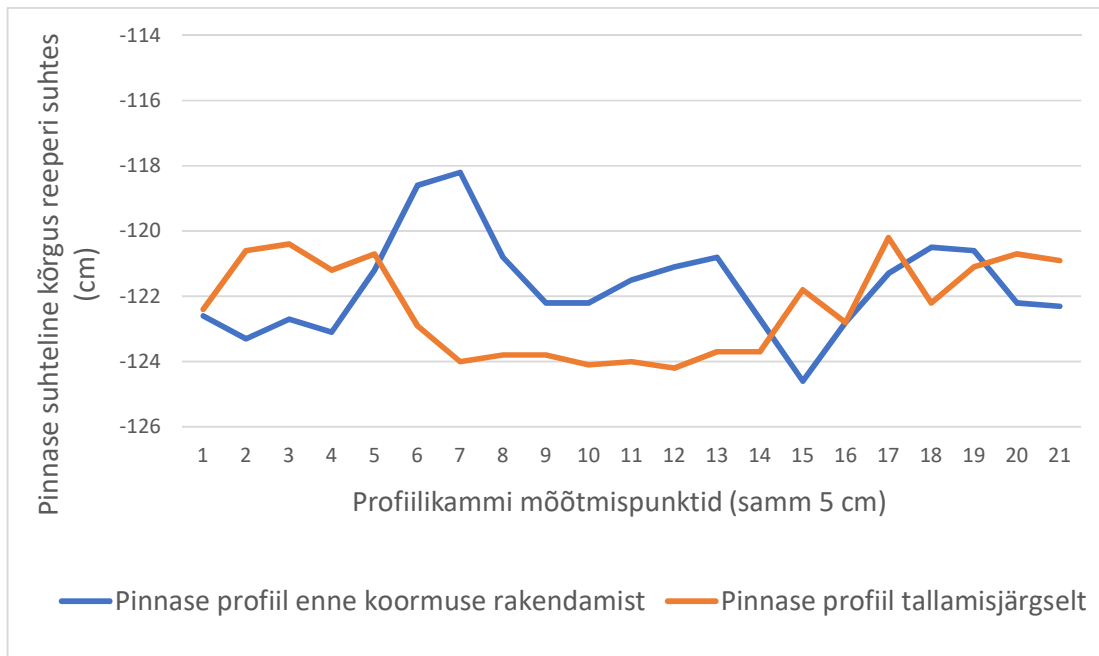
Pinnase profiili mõõtmise tulemuste põhjal koostatud graafik on näha joonisel 8. Kujutatud on puisraba koosluses jalgsi rakendatud maksimaalse tallamiskoormuse (32x) järgselt tekkinud pinnaseprofiili.



Joonis 8. Puisraba koosluses jalgsi rakendatud maksimaalse tallamiskoormuse (32x) eelselt ja järgselt mõõdetud pinnaseprofiilide võrdlus

Antud metoodikat rakendades on aga oluline ilmaoludega arvestamine, mis võib mõõtmisperioodi planeeritust enam pikendada. Vihmase ilma puhul ei ole võimalik iseloodivat ristlasert kasutada (veepiiskade peegeldav foon), samuti on ristlaseri töö häiritud tugeva tuulega või tuulepuhangute esinemisel.

Esmase tutvustava andmeanalüüsi tulemustena selgus, et peatükis 3.2 kirjeldatud PVC torudega maha märgitud prooviruutude probleem avaldus ka pinnase profiili mõõtmise tulemustes. Tallamise suunas PVC torude vahele sirgjooneliselt tekkinud „üleskerkimise“ efekt kajastub ka mõõtmistel saadud andmerekas ning tekitab koostatud graafikutes teatud anomaaliaid. Kuna PVC torud prooviruudul asusid profiilikammi suhtes ~ 6 ja 16 keermelati asukohas, kajastub ka graafikus nendes punktides mõningane ebakõla. Joonisel 9 on kujutatud on puisraba koosluses räätsadega rakendatud maksimaalse tallamiskoormuse (32x) järgselt tekkinud pinnaseprofiil, kus on näha, et räätsadega tallamisega tekkinud raja servades esineb eelpool mainitud pinnase „üleskerkimise efekt“.



Joonis 9. Puisraba koosluses räätasadega rakendatud maksimaalse tallamiskoormuse (32x) eelselt ja järgselt mõõdetud pinnaseprofiilide võrdlus

Kuna antud anomaalia on seletatav, on edasises andmeanalüüsis sellega võimalik arvestada. Küll aga oleks ka pinnase profiili mõõtmisel hea, kui antud anomaaliat ei esineks. Sellest tulenevalt on edaspidi sookooslustes läbiviidavate katsete puhul oluline välja töötada muu prooviruutude maha märkimise meetod.

Tuleval suvel on plaanis läbi viia lisakatsed ilma PVC torudeta märgistamata prooviruutudel, selleks et välja selgitada, kas tegemist on antud meetoodika disainist tuleneva anomaaliaga või on antud anomaalia puhul tegemist igasuguse räätstaga tallamise tagajärjega.

Kaasnevad mõjud

Lisaks eelnevalt tutvustatud meetoodikate asjakohasusele, on nende rakendamisel sookooslustel ka negatiivne mõju - tallamiskoormuse mõju uurimiseks märjemates soo osades läbiviidava geobotaanilise analüüsi ning pinnase profiili mõõtmisega kaasneb mõningane katseviline tallamiskoormus.

Geobotaanilise analüüsi teostamine taimeruudu meetodil oli efektiivne, ent märjal ning pehmel pinnasel analüüsi teostamisel rakendub uuritava pinnase analüüsi teostajate kehakaalu tõttu transektide ning prooviruutude ümbruses silmnähtav kõrvaline mõju.

Antud katsele eelnenud ning järgnenud toiminguid läbi viies ei osatud antud kõrvalmõju vältida. Ehkki katse planeerimisel oldi selle võimalikust esinemisest teadlikud, polnud antud katset läbi viies ennetatavate võimaluste rakendamiseks ei rahalist, ajalist ega ka tööjõu ressursi.

Kuna edaspidi on kavas taimkatte tallamiskoormusest taastumist uurida ka drooni abil läbiviidava kaugseire näol, eeldame, et saadavate andmete põhjal on võimalik lisaks tallatud transektidele rakendunud mõjule ka uuringutega kaasnevat kõrvalisi häiringuid hinnata. See on oluline, et välja selgitada kaasneva kõrvalise mõju ulatus, et seda vajadusel edaspidi sookoolustes teostatavata tallamiskatse puhul vältida osataks.

Üheks võimaluseks näeme olevat katsealal paiknevate transektide kõrvale laudteede rajamine. Laudteede kasutamine katsele eelnenud ning järgnenud geobotaanilise analüüsi ning pinnase profiili läbiviimiseks võib uuritava alal kaasnevat kõrvalist mõju oluliselt vähendada kuid sellega kaasnevad teistsugused mõjud.

KOKKUVÕTE

Rekreatsiooniga kaasneva tallamise mõju uurimiseks on välja töötatud mitmeid erinevaid meetodikaid ja läbi viidud palju uurimusi. On leitud, et rekreatsiooniga kaasnev tallamine põhjustab looduslikes ökosüsteemides erinevaid häiringuid nagu näiteks: muutusi taimede katvuses, nende liigilises koosseisus ja mitmekesisuses. Tallamiskoormusest tingitud mõjude uurimiseks peetakse parimaks viisiks eksperimentaalse tallamiskatse rakendamist.

Käesolev töö annab ülevaate jalgsi- ja räätsadega tallamise koormusest tulenevate mõjude uurimiseks sookooslustes planeeritud ja rakendatud katsest. Antud uurimistöö raames katsetati Elle Roosalu poolt välja töötatud tallamiskatse meetodikat, mida kaasajastati ning täiendati. Eelnevalt jalgsi liikumise mõju uuringutes kasutatud meetodikat rakendati käesolevas töös kajastatud katse ka räätsadega liikumisest tuleneva mõju uurimiseks. Lisaks töötati välja sookooslustes rakendatav pinnase profiili mõõtmise meetodika, et võrrelda erinevate tallamisviiside ning tallamiskoormuste mõju erinevust ning nendest tulenevaid muutusi pinnase profiilis.

Tallamiskoormusest tuleneva mõju uurimiseks välja töötatud katse läbiviimine ning meetodika rakendamine teostati Harju maakonnas Kullisoos katsealal kolmes erinevas koosluses (puisrabas, rohurabas ning puis-rohurabas). Tallamiskoormuse rakendamine toimus 10 päeva jooksul ning vastavalt koormustele (32, 16 ja 8 x) sooritati 320, 160 ja 80 tallamist.

Tallamiskoormusest tuleneva mõju uurimiseks sookoosluste tarbeks planeeritud katse disain andis käesolevas uurimistöös kajastatud kujul läbiviijate hinnangul soovitud tulemuse. Planeeritud transektide ning prooviruutude suurus oli tallamiskoormusest tuleneva mõju hindamiseks sobiv. Samuti täitis geobotaanilise analüüsi läbiviimisel kasutatud taimeruudu meetod oma eesmärgi ning pinnase profiili mõõtmiseks välja töötatud meetodika andis vaatamata mõõtmistulemustes kajastunud anomaaliale soovitud tulemusi.

Ehkki tallamiskoormuse mõju uurimiseks märjemates soo osades läbiviidava geobotaanilise analüüsi ning pinnase profiili mõõtmisega kaasneb mõningane katseväline tallamiskoormus, on antud töös kajastatud meetodika põhjal tallamiskatse läbiviimine sookooslustes võimalik.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Barros, A., Gonnet, J., Pickering, C.** (2013) Impacts of informal trails on vegetation and soils in the highest protected area in the Southern Hemisphere. – *Journal of Environmental Management*. Vol. 127, pp. 50–60.
2. **Bayfield, N. G.** (1979). Recovery of four montane heath communities on Cairngorm, Scotland, from disturbance by trampling. - *Biological Conservation*. Vol. 15, No. 3, pp. 165-179.
3. ***Cole, D. N.** (1985). Recreational trampling effects on six habitat types in western Montana. Research paper INT. Department of Agriculture Forest Service. United States, viidatud: **Cole, D. N., Bayfield, N. G.** (1993). Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures. - *Biological Conservation*. Vol. 63, No. 3, pp. 209-215.
4. **Cole, D. N.** (1995). Recreational Trampling Experiments: Effects of Trampler Weight and Shoe Type. Research paper INT. Department of Agriculture Forest Service. United States. Vol. No. 425. 8 pp.
5. ***Cole, D.N.** (2004a). Carrying capacity and visitor management: facts, values and the role of science. In: Harmon, David; Kilgore, Bruce M.; Vietzke, Gay E., eds. Protecting our diverse heritage: the role of parks, protected areas, and cultural sites. George Wright Society, Hancock, MI, pp. 43 –46, viidatud: **Hurt, E., Karoles, K., Maran, K., Sepp, K., Vendla, V.** (2009). Koormustaluvuse hindamise metoodika kaitsealadel seoses nende rekreatiivse kasutamisega. Tartu: EMÜ. 35 lk. [WWW] <http://www.vvvs.ee/failid4/Koormustaluvuse%20METOODIKA.pdf> (15.11.2017)
6. **Cole D. N.** (2004b). Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: a review. - *Environmental impact of ecotourism.* /Buckley R, editor. Oxfordshire, UK: CABI, pp. 41–60.
7. **Cole, D. N., Bayfield, N. G.** (1993). Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures. - *Biological Conservation.*, Vol. 63, No. 2, pp. 209-215.
8. **Crisfield, V., MacDonald, S., Gould, A.** (2012). Effects of recreational traffic on alpine plant communities in the northern Canadian Rockies. Arctic, Antarctic, and Alpine Research. University of Colorado. Vol. 44, No. 3, pp. 277–287.
9. ***Hunter, C.** (1995). Key concepts for tourism and the environment. - *Tourism and the Environment. A sustainable relationship?* /Hunter, C., Green H, editors. Routledge, London-New York, pp. 52-92, viidatud: **Rajan, B., Varghese, M., Purushothaman, P.A.** (2013). Beach Carrying Capacity Analysis for Sustainable Tourism Development in the South West Coast of India. Environmental Research, Engineering and Management, Vol. 63, pp. 67-73.

10. **Hurt, E., Karoles, K., Maran, K., Sepp, K., Vendla, V.** (2009). Koormustaluvuse hindamise metoodika kaitsealadel seoses nende rekreatiivse kasutamisega. Tartu: EMÜ. 35 lk. [WWW] <http://www.vvvs.ee/failid4/Koormustaluvuse%20METOODIKA.pdf> (15.11.2017)
11. **Jenkins, J., M. Pigram, J. J.** (2006). Outdoor Recreation Management. (2). New York: Routledge. [on-line] ebrary (24.02.2018). https://books.google.com.au/books?hl=en&lr=&id=34bfXrgWKnsC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Outdoor+Recreation+Management.&ots=5t0mmeauvL&sig=HkhdVFqM1e_IREF6gVF6BzwBuYg#v=onepage&q=Outdoor%20Recreation%20Management.&f=false
12. **Kay, A. M., Liddle, M. J.** (1989). Impact of human trampling in different zones of a coral reef. Environmental Management, Vol. 13, No. 4, pp. 509-20.
13. **Kellomäki, S.** (1977). Deterioration of forest ground cover during trampling. – *Silva Fennica*. Vol 11, No 3, pp. 153-161.
14. **Liddle, M. J.** (1997) Recreation Ecology. London: Chapman & Hall. 639 pp, viidatud: **Cole, D. N.** (2004c). Environmental impacts of outdoor recreation in wildlands. - *Society and Resource Management: A Summary of Knowledge*. / M. Manfredo, J. Vaske, B. Bruyere, D. Field & P. Brown, editors. Jefferson, MO: Modern Litho. pp. 107-116.
15. **Leivits, M., Leivits, A., Klein, A., Kuus, A., Leibak, E., Merivee, M., Soppe, A., Tammekänd, I., Tammekänd, J., Vilbaste, E.** (2009). Külastuskoormuse mõju rüüda (*Pluvialis apricaria*) elupaigasobivusele Nigula rabas. – *HIRUNDO*. Nr. 22, lk 53-63.
16. **Masing, V.** (1972). Nature conservation of peatlands in the Soviet Union. *Proc.int.Peat Congr.*, Helsinki 4th, 1, pp. 159-166.
17. **Matkamaailm.** Oü darf. [WWW] <https://www.matkamaailm.ee/est> (15.05.2018)
18. **Meinecke, E.** (1928). A Report on the Effect of Excessive Tourist Travel on the California Redwood Parks. Sacramento: California State Printing Office. [on-line] ebrary (24.02.2018). <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015007490827;view=1up;seq=1>
19. **Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H.** (1974) Aims and Methods in Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, Inc., New York. [on-line] ebrary (24.02.2018). https://www.researchgate.net/publication/259466952_Aims_and_methods_of_vegetation_ecology
20. **Paal, J., Leibak, E.** (2011). Eesti soode seisund ja kaitstus. Eesti: AS Regio. [on-line] ebrary (24.02.2018). https://issuu.com/elfond/docs/eesti_soodes_seisund_ja_kaitstus
21. **Pickering, C. M., Growcock, A. J.** (2009). Impacts of experimental trampling on tall alpine herbfields and subalpine grasslands in the Australian Alps. - *Journal of Environmental Management*. Vol. 91, No. 2, pp. 532–540.
22. **Puhka Eestis.** (2018). EASi turismiarenduskeskus. [WWW] <https://www.puhkaeestis.ee/et> (20.04.2018)

23. RMK aastaraamat 2016. [WWW] https://media.rmk.ee/files/RMK_Aastaraamat_2016_est.pdf (24.02.2018).
24. RMK puhkemajanduse hea tava. Riigimetsa majandamise keskus. [WWW] <https://www.rmk.ee/organisatsioon/tegevusvaldkonnad/loodushoid/hea-tava> (20.04.2018)
25. **Roosaluste, E.** (1981). Vlijanie vōtaptōvanija na rastitelnost bolot. – V kn.: Antropogennōje izmenenija, ohrana rastitelnosti bolot i prilegajūštših territorii. Minsk. S. pp. 113-116.
26. **Roosaluste, E.** (1988). Izmenenie rastitelnogo pokrova na territorijah Viidumjaeskogo i Nigulaskogo zapovednikov (Estonskaja SSR). – Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Vilnjus. 22 pp.
27. **Rosenburgh, A. E.** (2015). Restoration and recovery of sphagnum on degraded blanket bog. (Doctoral thesis). Division of Biology and Conservation Ecology. School of Science and the Environment. Manchester Metropolitan University.
28. **Ruukel, A.** (2017). Räätsamatkade paus jūripāevast jaanipāevani. Soomaa.com. [WWW] <http://eesti.soomaa.com/raatsamatkade-paus-juripaevast-jaanipaevani/> (20.04.2018)
29. **Shackelford, N.** (2017). Understanding Ecological Response to Disturbance: Mechanisms and Management Strategies in a Changing World. (Doctoral thesis). . University of Victoria. 253 pp.
30. **Slater, F. M., Agnew, A. D.** (1977). Observations on a peat bog's ability to withstand increasing public pressure. - *Biological conservation*. Vol. 11, No. 3, pp. 21-27.
31. **Smith, P. E., Orvos, D. R., Cairns, J.** (1993). Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 50, No. 3, pp. 627-637.
32. **Scott, J. J., Kirkpatrick, J. B.** (1994). Effects of human trampling on the sub-Antarctic vegetation of Macquarie Island. - *Polar Record*. Vol. 30, No. 174, pp. 207–220.
33. **Wagar, J. A.** (1964) The carrying capacity of wild lands for recreation. Forest Science Monograph 7. Washington, D.C., Society of American Foresters.
34. ***Wang, X.** 2010. Research Review of the Ecological Carrying Capacity. - *Journal of Sustainable Development*. Vol. 3, No. 3, viidatud: **Tuvikene, K.** (2015). Ökoloogilise koormustaluvuse modelleerimine rannamõisa maastikukaitseala näitel. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu.
35. ***Whinam J., Chilcott, N. M.** (1999). Impacts of trampling on alpine environments in central Tasmania. *Journal of Environmental Management*, 57, pp 205-220, viidatud: **Ólafsdóttir, R., Runnström, M.** (2015). Impact of recreational trampling in Iceland: a pilot study based on experimental plots from Þingvellir National Park and Fjallabak Nature Reserve. University of Iceland. Department of Geography and Tourism.
36. **XGIS. Maa-ameti kaardirakendus.** [WWW] <https://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis> (07.05.2018)

LISAD

Lisa 1. Lühiülevaade räätsamatku korraldavatest teenusepakkujatest ning sihtkohtadest

Teenus	Teenusepakkuja	Sihtkoht	Aastaaeg
Räätsamatk	360 kraadi	Hara soo	aastaringselt
	360 kraadi	Järlepa raba	aastaringselt
	360 kraadi	Kakerdaja raba	aastaringselt
	360 kraadi	Kõnnu Suursoo	aastaringselt
	360 kraadi	Laukasoo (Vihula)	aastaringselt
	360 kraadi	Leidisoo	aastaringselt
	360 kraadi	Lindi raba	aastaringselt
	360 kraadi	Linnuraba	25.11-10.03
	360 kraadi	Läänemaa suursoo	aastaringselt
	360 kraadi	Marimetsa raba	aastaringselt
	360 kraadi	Ratva raba	aastaringselt
	360 kraadi	Seli soo	aastaringselt
	360 kraadi	Sirtsu soo	aastaringselt
	360 kraadi	Sõbessoo	aastaringselt
	360 kraadi	Viru raba	aastaringselt
	Ajamaja	Kakerdaja raba	aastaringselt
	Ajamaja	Kautla raba	-
	Ajamaja	Kõima raba	15.04-15.10 ja 01.12-01.03
	Ajamaja	Laeksaare raba	-
	Ajamatkad	Põhjaku raba	-
	OÜ Semora (Haudamäe puhkemaja)	Meelva arba	aastaringselt
	Preeriakoda	Raplamaa	27.12-25.03
	Kanuu.ee	Kakerdaja raba	aastaringselt
	Kanuu.ee	Koitjärve raba	-
	Kanuu.ee	Kõrvemaa	aastaringselt
	Kanuu.ee	Rääma raba	aastaringselt
	Sportland Kõrvemaa Matka ja Suusakeskus	Koitjärve raba	01.04-31.08
	Sportland Kõrvemaa Matka ja Suusakeskus	Kõnnu Suursoo	01.04-31.09
	Sportland Kõrvemaa Matka ja Suusakeskus	Põhja-Kõrvemaa	aastaringselt
	Loodusturism OÜ	Kikepera raba	aastaringselt
	Loodusturism OÜ	Lagesoo raba	aastaringselt
	Loodusturism OÜ	Laukasoo (Luunja)	aastaringselt
	Loodusturism OÜ	Rubina soo	aastaringselt

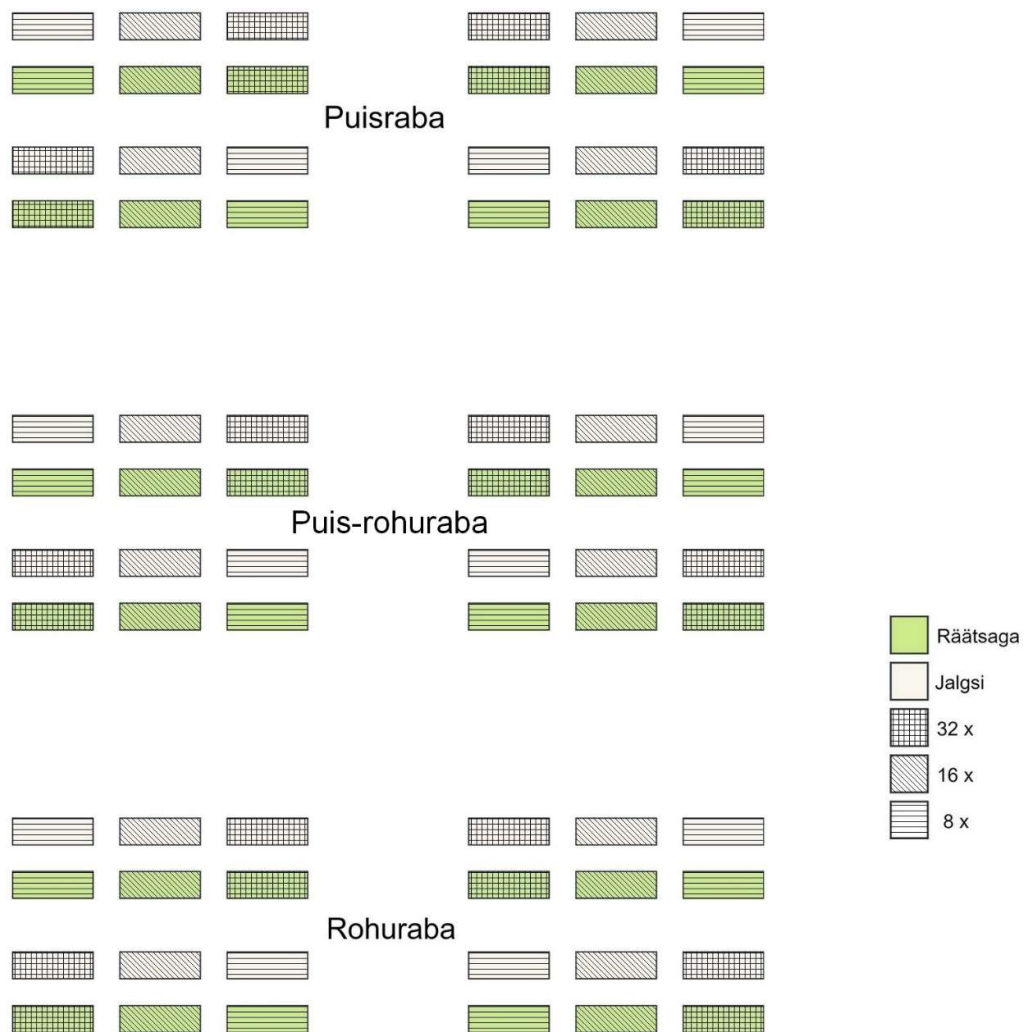
Lisa 1. järg

	Loodusturism OÜ	Teringi raba	aastaringselt
	Loodusturism OÜ	Valli soo	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Aabla raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Kakerdaja raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Koitjärve raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Kuresoo raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Kõnnu Suursoo	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Meelva raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Meenikunno raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Männiku raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Suursoo raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Tõlinõmme raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Valgesoo raba	aastaringselt
	Matkajuht OÜ	Viru raba	aastaringselt
	Meie Liigume Matkad	Endla raba	-
	Meie Liigume Matkad	Luhasoo	-
	Meie Liigume Matkad	Meenikunno raba	-
	Meie Liigume Matkad	Rubina soo	aastaringselt
	MTÜ Metsaturism	Emajõe-Suursoo	aastaringselt
	OÜ Puhka Looduses	Meelva raba	aastaringselt
	OÜ Puhka Looduses	Meenikunno raba	aastaringselt
	OÜ Puhka Looduses	Männikjärve raba	aastaringselt
	OÜ Puhka Looduses	Valgesoo raba	aastaringselt
	Reimann Retked	Koitjärve raba	aastaringselt
	Reimann Retked	Kõnnu Suursoo	aastaringselt
	OÜ Seikle Vabaks	Kuresoo raba	aastaringselt
	OÜ Seikle Vabaks	Lindi raba	aastaringselt
	OÜ Seikle Vabaks	Rääma raba	aastaringselt
	OÜ Seikle Vabaks	Tolkuse raba	-
	OÜ Seikle Vabaks	Tolkuse raba	aastaringselt
	OÜ Viis Aastaaega	Soomaa	aastaringselt (v.a. 23.04-24.06)
	MTÜ Tipu Looduskool	Soomaa	01.01-10.03

Lisa 2. Katseala tähistavad infotahvlid



Lisa 3. Skeem transektide paiknemise kohta Kullisoos



Lisa 4. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Diana Elisa Tammiste,

Sünniaeg 29.05.1996, 49605290248,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Tallamisest tuleneva koormuse mõõtmise meetoodika väljatöötamine ja rakendamine sookooslustes kullisoo näitel, mille juhendajad on *MSc* Marika Kose ja *PhD* Tiiu Kull,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 23.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)